



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
29.01.2003 Patentblatt 2003/05

(51) Int Cl.7: **H05B 41/292**

(21) Anmeldenummer: **02016738.3**

(22) Anmeldetag: **26.07.2002**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **27.07.2001 DE 10136474**

(71) Anmelder:

- **Philips Corporate Intellectual Property GmbH**
20099 Hamburg (DE)
Benannte Vertragsstaaten:
DE
- **Koninklijke Philips Electronics N.V.**
5621 BA Eindhoven (NL)
Benannte Vertragsstaaten:
FR GB

(72) Erfinder:

- **Lürkens, Peter, Dr.,**
Philips Corp. Int. Prop. GmbH
52066 Aachen (DE)
- **Deppe, Carsten, Philips Corp. Inte. Prop. GmbH**
52066 Aachen (DE)
- **Mönch, Holger, Dr.,**
Philips Corp. Inte. Prop. GmbH
52066 Aachen (DE)

(74) Vertreter: **Volmer, Georg, Dipl.-Ing.**
Philips Corporate Intellectual Property GmbH,
Postfach 50 04 42
52088 Aachen (DE)

(54) **Elektronischer Schaltkreis zum Betreiben einer HID-Lampe und Bildprojektor**

(57) Die Erfindung betrifft einen elektronischen Schaltkreis zum Betreiben einer High-Intensity-Discharge HID-Lampe, insbesondere einer Ultra-High-Pressure UHP-Lampe, wie sie bevorzugt in Bildprojektoren verwendet werden. Der Schaltkreis umfasst einen Lampentreiber 110 zum Bereitstellen eines geregelten Lampenstromes für den Betrieb der HID-Lampe 422 und einen Helligkeitssensor 130 zum Erzeugen und Ausgeben eines Sensorsignals, welches die Helligkeit des von der Lampe auf dem Bilderzeuger erzeugten Lichtes repräsentiert. Der Lampentreiber 110 regelt den Lampen-

strom so, dass die Helligkeit des Lichtes der Lampe konstant bleibt. Aufgabe der Erfindung ist es, den elektronischen Schaltkreis bzw. den Bildprojektor so weiterzuentwickeln, dass die Regelung der Helligkeit über die gesamte Lebensdauer der Lampe 322 und eine Verwendung von einfacher aufgebauten und damit preisgünstigeren Sensoren möglich wird. Diese Aufgabe wird durch ein Filter 140 gelöst, welches das Sensorsignal hochpassfiltert, bevor es als Steuersignal dem Lampentreiber 110 und insbesondere einer Regelungseinheit innerhalb des Lampentreibers zugeführt wird.

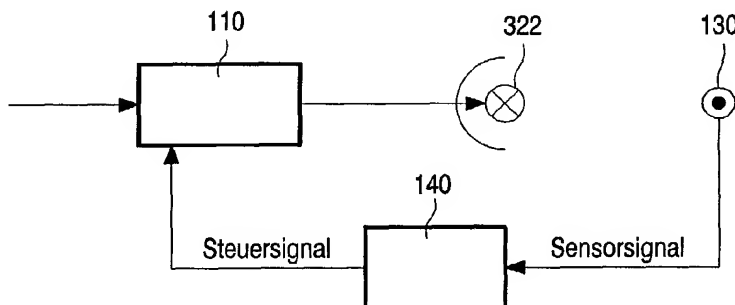


FIG. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen elektronischen Schaltkreis zum Betreiben einer High-Intensity-Discharge HID-Lampe, insbesondere einer Ultra-High-Pressure UHP-Lampe gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin einen Bildprojektor mit dem elektronischen Schaltkreis nach Anspruch 1.

[0003] HID- und UHP-Lampen sind im Stand der Technik grundsätzlich bekannt. Sie werden vorzugsweise für Projektionszwecke, aber auch z.B. zum Betrieb von Autoscheinwerfern verwendet. Sie zeichnen sich durch einen sehr kleinen Lichtbogen und eine zugleich hohe Lichtausbeute aus, was vorteilhafterweise zu einem sehr guten Gesamtwirkungsgrad führt. Die Helligkeit dieser Lampen liegt bei etwa dem zwei bis vierfachen anderer Gasentladungslampen.

[0004] Nachteilig bei diesen HID-Lampen ist jedoch der Effekt des Bogenspringens, d.h. einer Veränderung der Position des Lichtbogens, während des Betriebs dieser Lampen. Durch die Veränderung der Bogenposition ändert sich der Anteil des von der Lampe insgesamt erzeugten Lichtes, welches auf das bilderzeugende System gelangt, so dass die Helligkeit des projizierten Bildes schwankt. Auch führt dieser Effekt zu unerwünschten Schwankungen der Helligkeitsverteilung auf dem Bilderzeuger. Es entsteht ein vom Betrachter wahrnehmbarer Flickereffekt.

[0005] Zur Reduktion des Flickereffektes sind im Stand der Technik verschiedene Ansätze bekannt.

[0006] Ein erster Ansatz sieht einen zusätzlichen hohen Strompuls im Verlauf des Lampenstromes vor dessen Kommutierung vor. Aufgrund dieser speziellen Form des Lampenstromes kann das Bogenspringen und damit der Flickereffekt wirkungsvoll unterdrückt werden.

[0007] Das Vorsehen des hohen Strompulses hat jedoch zum einen den Nachteil, dass der Lampentreiber größer und teurer wird als bei einem andersförmigen Lampenstrom, und zum anderen, dass die Lebensdauer der HID-Lampe deutlich reduziert wird.

[0008] Ein zweiter Ansatz, der auch zur Reduktion des Flickereffektes geeignet sein kann, ist in der JP-2000028988 A offenbart und in der Fig. 3 dargestellt. Die JP beschreibt zwar primär die Lösung eines anderen Problems, nämlich einer allmählichen Veränderung der Lampenhelligkeit über die gesamte Lebensdauer, auch offenbart sie nicht explizit die Kriterien, die für eine Unterdrückung des Flickereffektes erfüllt sein müssen. Allerdings entnimmt der Fachmann der JP dennoch zumindest indirekt auch geeignete Maßnahmen zur Reduktion des Flickereffektes. In der JP-200028988 A ist ein LCD-Projektor mit einem optischem System 420 und einem elektrischen Schaltkreis offenbart. Das optische System 420 umfasst eine Gasentladungslampe 422 mit einem Reflektor 421 sowie der Lampe nachgeschaltet

einen Integrator 423, einen Bilderzeuger 424 und ein Objektiv 425b. Der Integrator 423 gewährleistet zusammen mit einem Kondensator 425a eine gleichmäßige Helligkeitsverteilung bei der Beleuchtung des Bilderzeugers 424 und damit in dem von dem Bilderzeuger erzeugten Bild. Der elektrische Schaltkreis dient zum Betreiben der Lampe 422. Er umfasst einen Lampentreiber 410 zum Bereitstellen eines geregelten Lampenstromes für die Lampe 422 im Ansprechen auf ein Steuersignal und einen Helligkeitssensor 430 zum Erzeugen und Ausgeben eines Sensorsignals. Das Sensorsignal repräsentiert dabei die von der Lampe abgegebene Lichtmenge am Ort des Helligkeitssensors. Die durch das Sensorsignal repräsentierte Lichtmenge wird in einem Mikroprozessor 440 mit einer vorgegebenen Referenzlichtmenge verglichen, um dann nach Maßgabe durch die gemessene Lichtmengenabweichung das Steuersignal zu erzeugen und an den Lampentreiber auszugeben. Auf diese Weise wird die abgegebene Lichtmenge auf den Referenzwert eingeregelt. Ein Flickereffekt kann unterbunden werden, wenn die Lichtmengenregelung schnell genug erfolgt.

[0009] Die von Gasentladungslampen bei gleicher Leistung abgegebene Lichtmenge nimmt im Laufe ihres Lebens aufgrund verschiedener Ursachen ab. Um jedoch über die gesamte Lebensdauer der Lampe eine gleichbleibende Helligkeit gewährleisten zu können, wird gemäß der japanischen Druckschrift JP-2000028988 A vorgeschlagen, die Lampe zu Beginn ihres Lebens bei einer Leistung deutlich unterhalb ihrer Nennleistung zu betreiben und mit zunehmendem Betriebsalter die Betriebsleistung immer weiter zu erhöhen, um eine konstante Helligkeit des von der Lampe erzeugten Lichtes zu gewährleisten. Das ist jedoch nur solange möglich, bis die Nennleistung erreicht ist.

[0010] Allerdings bringt dieser zweite Ansatz folgende Nachteile mit sich:

Dadurch, dass von vornherein die Lampe mit einer geringeren als der Nennleistung betrieben wird, ist die erzeugte Helligkeit wesentlich geringer als bei Nennleistung, d.h. ein solches Projektorsystem benötigt eine größere Lampe, um von Beginn an die gleiche Helligkeit zu erzeugen, wie ein System ohne diese Art der Regelung.

[0011] HID-Lampen sind außerdem durch ein empfindliches thermisches Gleichgewicht gekennzeichnet, dass nur bei Nennleistung ausreichend gut eingehalten wird. Bei Abweichungen sind Nachteile bei der Lebensdauer zu erwarten, so dass die Regelung nach Art der JP-2000028988 A eine verkürzte Lebensdauer erwarten lässt.

[0012] Weiterhin ist nur im Anfang eine positive und negative Ausregelung der Helligkeit möglich. Diese Möglichkeit wird mit steigender Betriebsleistung geringer und verschwindet schließlich ganz, wenn die Lampe mit Nennleistung betrieben wird. Schließlich sei erwähnt, dass bei der offenbarten Schaltung Sensorfehler, z.B. ein falscher sensorinterner Verstärkungsfaktor,

unmittelbar zu einem fehlerhaften Steuersignal und damit zu einem unerwünschten Regelverhalten führen. Deshalb erfordert die offenbarte Schaltung i.d.R. besonders teure u. aufwendige Sensoren, um Sensorfehler zu vermeiden.

[0013] Insbesondere sollte der Helligkeitssensor bei der bekannten Schaltung nicht nur bei Raumtemperatur, sondern auch bei hohen Temperaturen im Inneren eines Bildprojektors noch zuverlässig arbeiten.

[0014] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen elektronischen Schaltkreis zum Betreiben einer HID-Lampe sowie einen Bildprojektor mit einem derartigen elektronischen Schaltkreis so weiterzuentwickeln, dass eine Regelung der Helligkeit über die gesamte Lebensdauer der Lampe und eine Verwendung von einfacher aufgebauten und damit preisgünstigeren Sensoren möglich wird.

[0015] Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Genauer gesagt wird diese Aufgabe bei dem eingangs beschriebenen elektronischen Schaltkreis dadurch gelöst, dass er ein Hochpassfilter zum Bereitstellen des Steuersignals durch Hochpassfiltern des Sensorsignals aufweist.

[0016] Durch das Hochpassfilter werden sehr niedrige Frequenzanteile der Helligkeitsschwankungen und insbesondere deren Gleichanteil, aus dem Sensorsignal herausgefiltert. Damit fehlen diese Frequenzanteile auch in dem Steuersignal und werden bei der Regelung der HID-Lampe nicht berücksichtigt.

[0017] Die verbleibenden Wechselanteile der Helligkeitsschwankungen werden erfindungsgemäß auf Null geregelt, anstatt - wie im Stand der Technik - die absolute Helligkeit auf einen vorgegebenen Referenzwert zu regeln.

[0018] Dies hat zum einen den Vorteil, dass Auswirkungen von fehlerhaften Offsets oder fehlerhafte Empfindlichkeiten des Helligkeitssensors aus dem Sensorsignal herausgefiltert werden und somit keinen unerwünschten Effekt auf die Regelung ausüben. Es können deshalb bei der Realisierung des beanspruchten Schaltkreises sehr wohl einfache und preisgünstige Sensoren verwendet werden, ohne dass die Qualität der Regelung darunter leiden würde.

[0019] Zum anderen ermöglicht das Hochpassfilter vorteilhafterweise eine Ausregelung der Helligkeitsschwankungen durch den Schaltkreis während der gesamten Lebensdauer der HID-Lampe. Die Ausregelung ist erfindungsgemäß insbesondere auch bei Nennleistungsbetrieb sowohl in positiver wie auch in negativer Richtung möglich.

[0020] Bei der erfindungsgemäßen Ansteuerung der Lampe wird der Flickereffekt für das menschliche Auge wirkungsvoll unterbunden.

[0021] Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform ist eine Regelungseinheit innerhalb des Lampentreibers weiterhin ausgebildet, die am Ausgang der Regelungseinheit erzeugte elektrische Leistung so zu regeln, dass

die HID-Lampe langfristig konstant auf Nennleistungsniveau betrieben wird. Dadurch wird zum einen die Lebensdauer der Lampe maximiert und zum anderen gewährleistet, dass die Lichtausbeute der Lampe während ihrer gesamten Lebensdauer maximal ist.

[0022] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0023] Die Aufgabe der Erfindung wird weiterhin durch den Gegenstand des Patentanspruchs 7 gelöst. Die Vorteile des dort beanspruchten Bildprojektors entsprechen im wesentlichen den oben im Hinblick auf den elektronischen Schaltkreis genannten Vorteilen. Besonders bei der Darstellung von unbewegten Bildern mit großen, einfarbigen Flächen reagiert das menschliche Auge empfindlich auf Flickereffekte. Daher ist die Unterdrückung dieses Effektes hier besonders vorteilhaft.

[0024] Der Beschreibung sind insgesamt drei Figuren beigelegt, wobei

Fig. 1: einen elektronischen Schaltkreis gemäß der Erfindung;

Fig. 2: einen Bildprojektor mit optischem System und elektronischem Schaltkreis gemäß der Erfindung; und

Fig. 3: einen Bildprojektor nach dem Stand der Technik;

zeigt.

[0025] Im folgenden wird ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung unter Bezugnahme auf die Figuren 1 -3 detailliert beschrieben.

[0026] Fig. 1 zeigt einen elektronischen Schaltkreis zum Betreiben einer HID-Lampe, insbesondere einer UHP-Lampe, gemäß der Erfindung. Er umfasst einen Lampentreiber 110, einen Helligkeitssensor 130 und ein Filter 140.

[0027] Der Lampentreiber 110 ist als Regelungseinheit ausgebildet und dient zum Bereitstellen und Regeln eines Lampenstromes für den Betrieb der HID-Lampe 322 im Ansprechen auf ein Steuersignal, so dass die von der HID-Lampe abgegebene Lichtmenge am Ort des Helligkeitssensors 130 mittelfristig konstant ist.

[0028] Das von dem Helligkeitssensor 130 in Fig. 1 erzeugte Sensorsignal repräsentiert die von der HID-Lampe abgegebene Lichtmenge am Ort des Helligkeitssensors 130. Durch Filterung in einem Filter 140 wird das Sensorsignal in das Steuersignal umgewandelt. Das Filter 140 ist vorzugsweise als Hochpassfilter mit ausgebildet, so dass insbesondere der Gleichanteil aus dem Sensorsignal und damit auch aus dem Steuersignal herausgefiltert wird.

[0029] Dies hat, wie oben im allgemeinen Teil der Beschreibung beschrieben, den Vorteil, dass sich bestimmte Messfehler des Helligkeitssensors 130 nicht negativ auf das Ergebnis der Regelung auswirken.

[0030] Das erfindungsgemäß hochpassgefilterte

Steuersignal repräsentiert lediglich den Wechselanteil im ursprünglichen Sensorsignal, d.h. nur die eigentlichen Helligkeitsschwankungen. Die Helligkeitsschwankungen können z.B. durch das oben beschriebene Bogenspringen oder durch einen Übergang der Lampe von einem diffusen Bogenzustand in einen konzentrierten Bogenzustand (Spot-mode) verursacht werden. Primäres Ziel der Regelung durch den Lampentreiber 110 ist die Erzeugung einer stabilisierten Helligkeit ohne schnelle Schwankungen, insbesondere am Ort des Helligkeitssensors 130. Dies wird dadurch erreicht, dass der als Regelungseinheit ausgebildete Lampentreiber 110 bestrebt ist, das Steuersignal auf Null zu halten bzw. zu Null auszuregeln.

[0031] Der Lampentreiber 110 ist erfindungsgemäß jederzeit in der Lage, eine positive oder negative Korrektur / Regelung der Helligkeit vorzunehmen, wenn dies erforderlich sein sollte, um die Helligkeit im wesentlichen konstant zu halten.

[0032] Alternativ zur Ausbildung als Hochpassfilter kann das Filter 140 auch als Bandpassfilter, d.h. als kombinierter Hoch- und Tiefpassfilter ausgebildet sein. Es weist dann vorzugsweise eine untere Grenzfrequenz von weniger als

1 Hz und eine obere Grenzfrequenz von mehr als 100 Hz, je nach Lampentyp und Projektionssystem auf. Die obere Grenzfrequenz liegt vorteilhafterweise oberhalb der für das menschliche Auge wahrnehmbaren Helligkeitsschwankungsfrequenz. Im Unterschied zum Hochpassfilter bewirkt das Bandpassfilter neben einer Kapung des Gleichanteils vorteilhafterweise zusätzlich eine Beschränkung im oberen Frequenzbereich. Das vereinfacht die Anforderungen an die Ausbildung des Lampentreibers 110 insofern, als dass die Stabilität bei gleichzeitig hoher Qualität viel einfacher erreicht werden kann, als bei einem nur hochpassgefilterten Steuersignal.

[0033] Die Übertragungsfunktion des Filters 110 kann weiterhin so ausgebildet sein, dass der Filter neben der Tief- bzw. Hochpassfilterung auch eine Verstärkung des Sensorsignals zur Erzeugung des Steuersignals ermöglicht.

[0034] Üblicherweise ist der Lampentreiber 110 weiterhin ausgebildet, die elektrische Leistung an seinem Ausgang - und damit auch die elektrische Leistungsaufnahme der Lampe - langfristig konstant auf Nennleistungsniveau einzuregeln. Dies geschieht in der Regel durch Überwachung des Produktes aus Lampenstrom und Lampenspannung am Ausgang des Lampentreibers 110. Die Leistungsregelung ist der oben beschriebenen Lampenstromregelung zwecks Konstanthaltung der mittleren Lampenleistung überlagert.

[0035] Zwischen beiden Regelungen findet eine Wechselwirkung z.B. in folgender Weise statt:

Um einem von dem Helligkeitssensor 130 plötzlich registrierten Abfall der Helligkeit der HID-Lampe 322 entgegenzuwirken, veranlasst der Lampentreiber 110 zunächst im Rahmen der Helligkeitsregelung eine Erhö-

hung des Lampenstromes so, dass die Helligkeit zunächst konstant bleibt. Diese Erhöhung des Lampenstromes führt zu einer Erhöhung der am Ausgang des Lampentreibers 110 bereitgestellten elektrischen Leistung für die Lampe 322 und wird von der Leistungsregelung erkannt. Kurzzeitig darf die an die HID-Lampe 322 abgegebene Leistung durchaus deren Nennleistung übersteigen, allerdings nicht für längere Zeit. Wird der erhöhte Lampenstrom nicht innerhalb einer gewissen Zeit wieder von der Helligkeitsregelung zurückgefahren, z.B. weil die Lampe aufgrund einer veränderten Bogenposition wieder ein helleres Licht abgibt, dann greift die Leistungsregelung ein und fährt den Lampenstrom, obwohl die Lampe dann nur eine reduzierte Helligkeit abgibt, zurück. Auf diese Weise stellt die überlagerte Leistungsregelung sicher, dass die Lampe langfristig nicht über ihrem Nennleistungsniveau betrieben wird. Die durch die Leistungsregelung verursachte Verringerung des Lampenstromes und die daraus resultierende Verringerung der Helligkeit des Lampenlichtes wird vorteilhafterweise von einem menschlichen Betrachter nicht wahrgenommen, weil sie besonders langsam erfolgt. Dabei wird die Unempfindlichkeit des menschlichen Auges gegenüber langsamen Helligkeitsänderungen ausgenutzt.

[0036] Außerdem verschwindet durch die Hochpasscharakteristik das Steuersignal der Flickerregelung ebenfalls nach einiger Zeit, so dass die Lampenleistung wieder auf den Ausgangswert zurückgeht, auch wenn die Leistungsregelung nicht wirksam wird.

[0037] Durch den erfindungsgemäßen Schaltkreis wird gewährleistet, dass die Lampe während ihrer gesamten Lebensdauer durchschnittlich immer auf Nennleistungsniveau betrieben wird. Das hat den Vorteil, dass die Lebensdauer der Lampe maximal ist und dass die Lichtausbeute der Lampe von Beginn ihrer Laufzeit an immer optimal ist.

[0038] Fig. 2 zeigt einen Bildprojektor mit HID-Lampen als bevorzugtes Anwendungsbeispiel für den erfindungsgemäßen elektronischen Schaltkreis. Der Bildprojektor umfasst im wesentlichen den elektronischen Schaltkreis gem. Fig. 1 und das optische System wie es oben unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben wurde. Komponenten mit gleichen Bezugszeichen in den Fig. 1, 3 und 2 sind als identisch bzw. wirkungsgleich anzusehen.

[0039] In dem Bildprojektor gem. Fig. 2 ist der Bilderzeuger 424 zwischen zwei Linsensysteme 425a, 425b eingebaut und der Helligkeitssensor 130 in der Umgebung des Bilderzeugers 424 oder in diesem selber so angeordnet, dass er die auf den Bilderzeuger einfallende Lichtmenge erfasst. Der elektronische Schaltkreis in dem Projektor stellt deshalb sicher, dass der Bilderzeuger 424 lediglich mit Licht von mittelfristig konstanter Helligkeit beleuchtet wird und dass somit auch das durch den Bilderzeuger 424 auf einen Bildschirm 426 projizierte Bild keinen für das menschliche Auge sichtbaren Helligkeitsschwankungen unterliegt.

Patentansprüche

1. Elektronischer Schaltkreis zum Betreiben einer High-Intensity-Discharge HID-Lampe (422), insbesondere einer Ultra-High-Pressure UHP-Lampe, umfassend: 5

einen Lampentreiber (110) zum Bereitstellen eines geregelten Lampenstromes für den Betrieb der HID-Lampe (422) im Ansprechen auf ein Steuersignal; und 10

einen Helligkeitssensor (130) zum Erzeugen und Ausgeben eines Sensorsignals, wobei das Sensorsignal die von der HID-Lampe (422) abgegebene Lichtmenge am Ort des Helligkeitssensors (130) repräsentiert; 15

gekennzeichnet durch ein Filter (140), welches als Hochpassfilter ausgebildet ist, zum Bereitstellen des Steuersignals **durch** Hochpassfiltern des Sensorsignals. 20
2. Elektrischer Schaltkreis nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Grenzfrequenz des Hochpassfilters unterhalb von 1 Hz liegt. 25
3. Elektronischer Schaltkreis nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** das Filter (140) als Bandpassfilter ausgebildet ist. 30
4. Elektronischer Schaltkreis nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die untere Grenzfrequenz des Bandpassfilters bei weniger als 1 Hz und dessen obere Grenzfrequenz bei über 100 Hz liegt. 35
5. Elektronischer Schaltkreis nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der Lampentreiber (110) als eine Regelungseinheit ausgebildet ist zum Bereitstellen und Regeln des Lampenstromes im Ansprechen auf das Steuersignal so, dass die von der HID-Lampe (422) abgegebene Lichtmenge am Ort des Helligkeitssensors mittelfristig konstant ist. 40 45
6. Elektronischer Schaltkreis nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** der Lampentreiber (110) weiterhin ausgebildet ist, die am Ausgang der Regelungseinheit erzeugte elektrische Leistung so zu regeln, dass die HID-Lampe (422) langfristig konstant auf Nennleistungsniveau betrieben wird. 50 55
7. Bildprojektor mit einer High-Intensity-Discharge HID-Lampe, insbesondere mit einer Ultra-High-Pressure UHP-Lampe, umfassend:

ein optisches System (420) umfassend die HID-Lampe (422) sowie der HID-Lampe nachgeschaltet einen Bilderzeuger (424) zum Erzeugen eines Bildes; und den elektronischen Schaltkreis nach Anspruch 1,

wobei der Helligkeitssensor (130) in dem optischen System (420) positioniert ist, so dass das Sensorsignal die von der HID-Lampe erzeugte und auf den Bilderzeuger (424) einfallende Lichtmenge repräsentiert

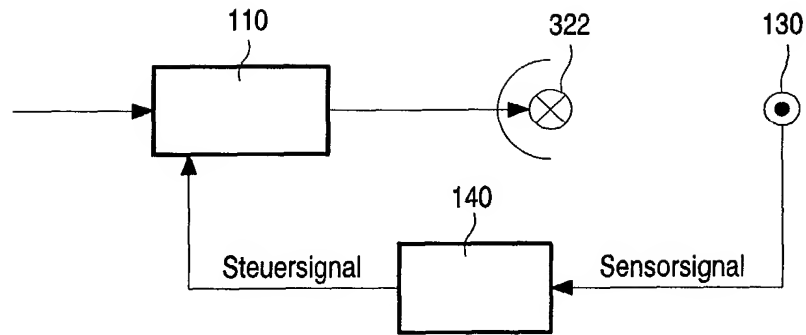


FIG. 1

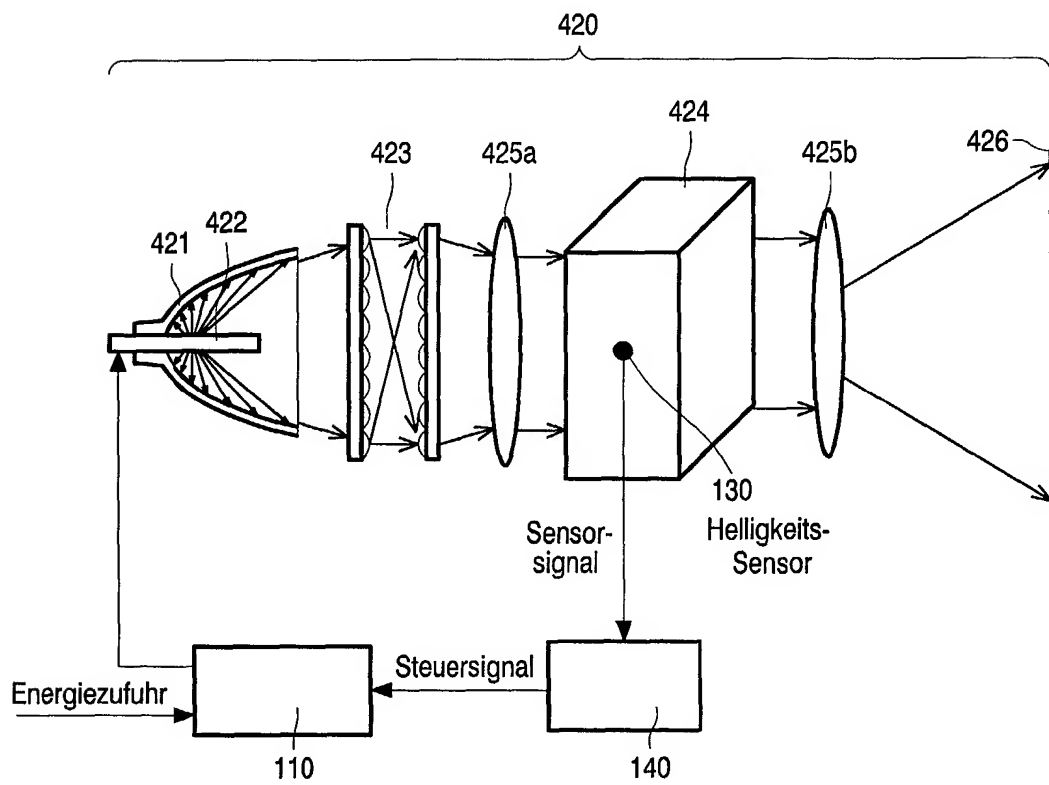


FIG. 2

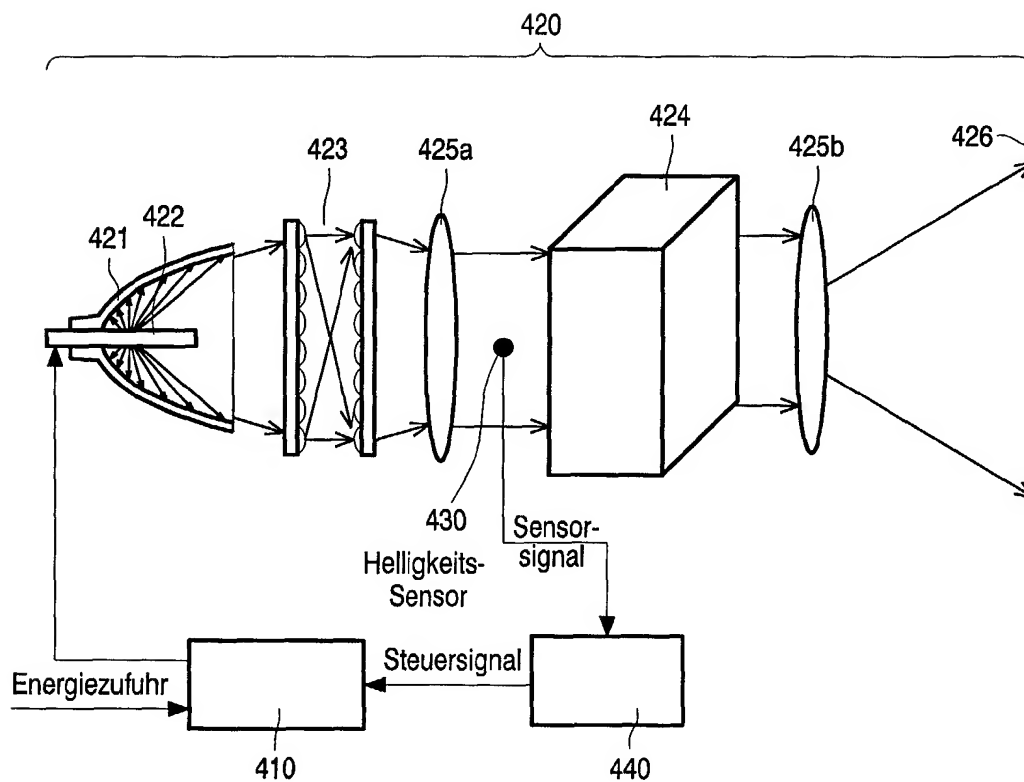


FIG. 3 Stand der Technik